

# ANALISIS POTENSI DAYA LISTRIK PLTS ATAP DI GEDUNG DIREKTORAT POLITEKNIK NEGERI SEMARANG DENGAN PERANGKAT LUNAK PVSYSY

Eriko Arvin Karuniawan<sup>1</sup>, Friska Ayu Fitrianti Sugiono<sup>2</sup>, Pangestuningtyas Diah Larasati<sup>3</sup> dan Adeguna Ridlo Pramurti<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

Email<sup>1</sup>: eriko@polines.ac.id

## Abstract

*The government, in its goal of achieving a renewable energy mix target of 23% by 2025, continues to encourage people to use renewable energy, especially in the type of solar energy through the use of rooftop solar power plants. In the construction of a rooftop PLTS system, it is necessary to design the PLTS system first, to calculate the energy that can be produced in the system. Calculation of the electric power potential needs to be done because it is one of the planning stages in the development of a PLTS system. Polines (Politeknik Negeri Semarang) as State Universities should be able to contribute in developing and disseminating these government regulations by developing and socializing Rooftop PLTS within Polines. For this reason, in this study, a calculation of the potential for electrical energy from a Rooftop PLTS is carried out if the Rooftop PLTS technology is applied to the Polines campus environment as one of the stages in designing a system. From the PVSyst simulation that has been carried out, it can be obtained that the potential for electrical energy in the Polines Directorate Building is 9321 kWh/year or 25.56 kWh/day with a PLTS capacity of 6.08 kWp. The Performance Ratio for this PLTS system is 0.82.*

**Keywords:** PV Rooftop, PVSyst, Solar Energy

## Abstrak

Pemerintah dalam tujuannya mencapai target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 terus mendorong masyarakat dalam menggunakan energi terbarukan terutama di jenis energi surya melalui pemanfaatan PLTS Atap. Dalam pembangunan sistem PLTS Atap, perlu dilakukan perancangan sistem PLTS terlebih dahulu, untuk mengkalkulasi energi yang dapat dihasilkan pada sistem tersebut. Perhitungan potensi daya listrik perlu dilakukan karena merupakan salah satu dari tahap perencanaan dalam pembangunan sistem PLTS. Polines (Politeknik Negeri Semarang) sebagai Perguruan Tinggi Negeri hendaknya dapat ikut berkontribusi dalam mengembangkan dan mensosialisasikan peraturan pemerintah tersebut dengan cara mengembangkan dan mensosialisasikan PLTS Atap di lingkungan Polines. Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan perhitungan potensi energi listrik dari PLTS Atap jika dilakukan pengaplikasian teknologi PLTS Atap di lingkungan kampus Polines sebagai salah satu tahapan dalam perancangan suatu sistem. Dari simulasi PVSyst yang telah dilakukan maka dapat didapat potensi energi listrik di Gedung Direktorat Polines sebesar 9321 kWh/tahun atau 25,56 kWh/hari dengan kapasitas PLTS sebesar 6,08 kWp. Untuk *Performance Ratio* dari sistem PLTS ini sebesar 0,82.

**Kata Kunci:** PLTS Atap, PVSyst, Energi Surya

## I. PENDAHULUAN

Pemerintah telah mendorong pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya Atap melalui Permen ESDM no. 26 tahun 2021, guna mendorong target bauran energi nasional sebesar 23% pada 2025[1]. Dalam peraturan tersebut diatur besaran kapasitas, instalasi, dan tarif ekspor impor listrik dengan PLN. Melalui aturan tersebut maka pengguna atau konsumen dari PLN dapat melakukan ekspor impor energi listrik dari energi PLTS Atap yang dihasilkan.

Polines sebagai Perguruan Tinggi Negeri hendaknya dapat ikut berkontribusi dalam mengembangkan dan mensosialisasikan peraturan tersebut guna membantu mencapai dan meningkatkan bauran energi terbarukan. Salah satu cara berkontribusi dalam mengembangkan dan mensosialisasikan PLTS Atap di Polines adalah dengan mengaplikasikan teknologi PLTS Atap di lingkungan kampus Polines.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis potensi daya listrik PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Atap di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang menggunakan perangkat lunak PVSyst. PLTS Atap merupakan salah satu bentuk pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini semakin populer karena dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan membantu mengurangi emisi gas rumah kaca.

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi untuk memprediksi potensi energi listrik yang ada di lingkungan Polines melalui penerapan PLTS Atap *on grid* sebagai salah satu tahapan dalam perancangan suatu sistem. Objek bangunan yang dipilih untuk dipasang PLTS Atap adalah gedung Direktorat Polines karena merupakan gedung yang cukup representatif, mudah terlihat apabila terpasang PLTS, dan orientasinya yang cukup efektif menangkap sinar Matahari.

Pada penelitian ini akan digunakan perangkat lunak PVSyst untuk menyimulasikan PLTS Atap *on grid* di Gedung Direktorat Polines. Dari simulasi yang dilakukan nantinya akan didapatkan besaran energi listrik yang dihasilkan dari PLTS, yang nantinya akan disalurkan ke jaringan listrik.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi institusi lain yang ingin memanfaatkan energi surya untuk keperluan listrik dan membantu mendorong pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. PLTS Atap

Kebijakan PLTS Atap di Indonesia diatur oleh pemerintah melalui beberapa peraturan dan program, di antaranya adalah:

Rencana Aksi Nasional Energi Terbarukan (RAN-ET) dan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)[2] sebagai kerangka kebijakan nasional untuk mempercepat pengembangan energi terbarukan, termasuk PLTS Atap.

Program PLTS Atap/*rooftop*, yaitu program pemerintah yang memberikan insentif bagi pemilik gedung atau rumah yang memasang PLTS Atap. Insentif tersebut antara lain pembebasan PPN dan PBB, serta pembebasan Bea Meterai.

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Energi Terbarukan untuk Pembangunan dan/atau Pemanfaatan Gedung.

Program 1 Juta Atap Surya[3], yaitu program yang dicanangkan oleh pemerintah untuk memasang 1 juta unit PLTS Atap pada tahun 2025.

Peraturan Daerah (Perda) tentang Pemanfaatan Energi Terbarukan, di mana beberapa daerah telah membuat perda terkait pemanfaatan energi terbarukan, termasuk PLTS Atap.

Dalam rangka mendorong pengembangan PLTS Atap di Indonesia, pemerintah juga telah mengambil beberapa langkah, seperti menyediakan fasilitas pembiayaan dan pemberian insentif, serta memberikan dukungan dalam hal perizinan dan regulasi. Hal ini sejalan dengan visi Indonesia

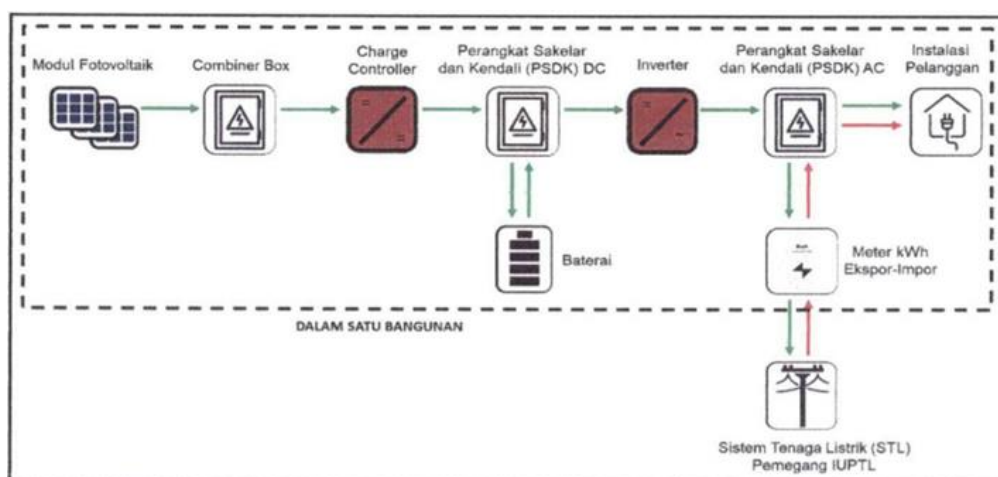
untuk mencapai target energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025.

Regulasi PLTS Atap di Indonesia telah diatur dalam Permen ESDM no.46 tahun 2018[4], kemudian diperbaharui pada Permen ESDM no. 26 tahun 2021. Menurut Permen ESDM No. 26 tahun 2021.

Sistem pembangkit listrik tenaga surya atap atau PLTS Atap adalah proses pembangkitan tenaga listrik menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding, atau bagian lain dari bangunan milik pelanggan PLTS Atap serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik pelanggan PLTS Atap. Dari skema ini, pelanggan listrik yang terhubung dengan penyedia listrik negeri atau PLN. Dengan skema ini juga, pelanggan dapat melakukan ekspor dan impor tenaga listrik sehingga seolah-olah dapat melakukan jual beli listrik dengan PLN. Secara teknis besaran listrik yang terimpor dan terekspor akan dapat diketahui melalui KWh Exim (*export import*) yang telah disediakan oleh PLN. PLTS Atap dapat dipasang dengan menyambungkan dengan baterai ataupun tanpa baterai. Energi yang ekspor ke jaringan PLN akan dihitung dan diakumulasi dalam nilai ekonomi listrik, kemudian akan digunakan untuk mengurangi tagihan listrik bulanan.



Gbr 1. Diagram Instalasi Sistem PLTS Atap Tanpa Baterai



Gbr 2. Diagram Instalasi Sistem PLTS Atap dengan Baterai

### B. Energi PLTS

Untuk menghitung energi yang dihasilkan oleh PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), Anda perlu mengetahui beberapa informasi terkait sistem PLTS tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi produksi energi dari PLTS antara

lain ukuran panel surya, lokasi geografis, kemiringan panel surya, orientasi panel surya, kondisi cuaca, dan waktu operasi.

Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS bergantung pada luasan area PLTS[5], efisiensi panel surya, potensi

energi radiasi dan performa dari sistem PLTS itu sendiri. Persamaan energi listrik (1) yang dihasilkan dari PLTS adalah:

$$E = A \times r \times H \times PR \quad (1)$$

Di mana:

- $E$  = energi (kWh)
- $A$  = total luas panel ( $m^2$ )
- $r$  = efisiensi panel (%)
- $H$  = radiasi rata-rata tahunan ( $W/m^2$ )
- $PR$  = rasio performa sistem

### C. Performance Ratio

*Performance ratio* atau rasio performa adalah rasio antara energi efektif yang dihasilkan/digunakan dengan energi yang dihasilkan jika sistem PLTS tersebut secara kontinu digunakan pada keadaan efisiensi nominal STC STC ( $1000 W/m^2$ ,  $25^\circ C$ , tiap  $kWh/m^2$  dari iradiasi akan menghasilkan 1 kWh energi listrik)[6]. *Performance Ratio* secara spesifik adalah rasio keluaran energi aktual dan yang mungkin dapat dihitung secara teoritis. *Performance ratio* tidak bergantung pada orientasi pembangkit PV dan insiden penyinaran matahari pada pembangkit PV. Alasannya, rasio kinerja dapat digunakan untuk membandingkan pembangkit PV yang memasok jaringan di lokasi yang berbeda semua seluruh dunia.

*Performance ratio* yang baik biasanya berkisar antara 70-80%, meskipun angka ini dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti lokasi geografis, kondisi cuaca, dan ukuran dan kualitas sistem PLTS yang digunakan. Semakin tinggi *performance ratio*, semakin efisien dan produktif sistem PLTS tersebut.

*Performance ratio* (PR) sudah meliputi rugi-rugi cahaya, rugi-rugi rangkaian PV, dan rugi-rugi sistem PLTS. Persamaan *performance ratio* (2) sistem PLTS adalah:

$$Performance\ Ratio = \frac{E_{Grid}}{GlobInc \times PnomPV} \quad (2)$$

Dimana:

- $PR$  = rasio performa sistem
- $E_{Grid}$  = energi listrik yang dihasilkan dari PLTS (kWh)
- $GlobInc$  = potensi energi per luasan ( $kWh/m^2$ )
- $Pnom PV$  = kapasitas daya total PV (kWp)

### D. PVSyst

PVSyst adalah sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran, perencanaan (*sizing*), dan analisis data dari sistem PLTS secara lengkap. PVSyst dibuat dan dikembangkan oleh Universitas Genewa. PVSyst memiliki fitur simulasi sistem terinterkoneksi jaringan (*on grid*), sistem berdiri sendiri (*stand-alone*), sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (*DC-grid*). PVSyst juga dilengkapi *database* dari sumber data meteorologi yang luas dan beragam, serta data komponen-komponen PV[7]. Beberapa contoh sumber data meteorologi yang dapat digunakan PVSyst yaitu bersumber dari sumber data Meteoronorm[8].

PVSyst memiliki kemampuan untuk memodelkan sistem PLTS secara rinci dengan memperhitungkan berbagai faktor, seperti intensitas cahaya matahari, kondisi cuaca, arah dan kemiringan panel surya, dan jenis panel surya yang digunakan. Perangkat lunak ini juga dapat melakukan analisis keuangan, termasuk menghitung biaya sistem PLTS,

mengestimasi penghematan energi, dan memproyeksikan pengembalian investasi.

Selain itu, PVSyst dapat digunakan untuk mensimulasikan kinerja sistem PLTS dalam jangka waktu yang berbeda-beda, seperti per jam, per hari, atau per tahun. Hal ini memungkinkan pengguna untuk memperkirakan seberapa efisien sistem PLTS dalam menghasilkan energi pada waktu yang berbeda dan dalam berbagai kondisi lingkungan.

PVSyst merupakan perangkat lunak yang sangat berguna bagi para insinyur dan profesional di industri energi surya untuk memperkirakan kinerja sistem PLTS secara akurat dan memperhitungkan biaya dan pengembalian investasi.

## III. METODE

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap penelitian yaitu:

### A. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

a) Melakukan studi literatur tentang sistem PLTS Atap dan perangkat lunak PVSyst; b) Mengumpulkan data mengenai konsumsi energi listrik di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang; dan c) Mengumpulkan data teknis bangunan Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang.

### B. Perancangan dan Simulasi PLTS Atap dengan Perangkat Lunak PVSyst

a. Perancangan PLTS atap berdasarkan data teknis bangunan Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang; b) Simulasi sistem PLTS atap dengan menggunakan perangkat lunak PVSyst untuk menghitung potensi daya listrik yang dihasilkan; dan c) Melakukan analisis performa PLTS atap dengan menghitung *Performance Ratio*.

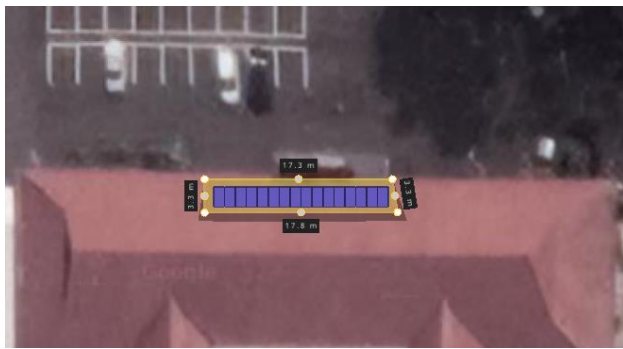
### C. Analisis hasil simulasi dan pengolahan data

a. Menganalisis hasil simulasi dan pengolahan data mengenai potensi daya listrik dan performa PLTS atap; dan b) Melakukan perbandingan dengan standar yang ada untuk mengetahui apakah sistem PLTS atap sudah efektif dan efisien.

### D. Kesimpulan dan Saran

a. Menyimpulkan hasil analisis potensi daya listrik PLTS atap di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang; dan b) Memberikan saran terhadap pengembangan PLTS atap di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang dan penelitian lanjutan yang dapat dilakukan untuk mengembangkan sistem PLTS Atap secara lebih efektif dan efisien.

Untuk mengetahui potensi energi listrik yang ada di lingkungan Polines, dilakukan simulasi salah satu Gedung yang paling potensial dan representatif untuk dipasang PLTS yaitu Gedung Direktorat Polines. Permodelan secara visual dan luasan dilakukan dengan menggunakan Helioscope[9], hasilnya peletakan PV dapat dilihat pada Gbr 3.



Gbr 3. Layout Peletakan PLTS di Gedung Direktorat Polines

Untuk kapasitas PLTS 5 kW inverter, kapasitas PV yang dapat dipasang sebesar 6,08 Wp, sehingga rasio PV dan inverter adalah 1,22. Jenis PV yang digunakan dalam simulasi adalah JA Solar JAM72-S09-380-PR 380Wp[10] sebanyak 16 unit. Inverter yang digunakan dalam simulasi ini adalah Solax X1-Boost-5.0kW[11] dengan 2 MPPT. Sehingga PV dapat dipasang 2 paralel, 16 seri. Tampilan panel surya dan inverter yang digunakan dalam simulasi PLTS ini dapat dilihat pada Gbr 4 dan Gbr 5.



Gbr 4. Panel Surya JA Solar JAM72-S09-380-PR 380 Wp



Gbr 5. Inverter Solar X1-Boost-5.0kW

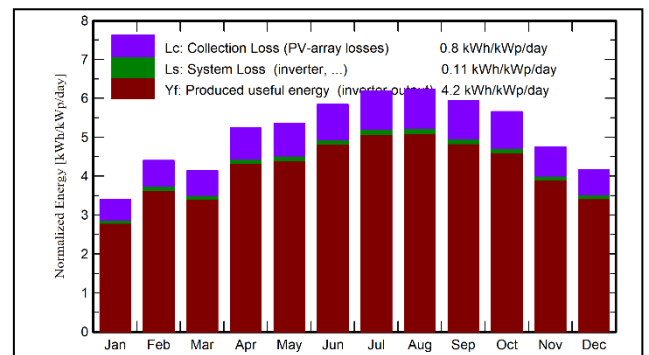
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari sistem PLTS *on grid* tersebut kemudian disimulasikan dalam PVSyst sehingga diperoleh hasil pada Gbr 7. Sistem PLTS *on grid* dengan kapasitas 6,08 kWp dengan inverter berkapasitas 5 kWp disimulasikan pada Gedung Direktorat Polines yang memiliki sudut *azimuth* 0° (utara) dengan kemiringan Gedung 21°. Karena di sekitar gedung tidak ada pohon ataupun hal-hal yang menghalangi panel surya, maka tidak dilakukan simulasi *shading*.

Project summary		
<b>Geographical Site</b> Direktorat Polines Indonesia	<b>Situation</b> Latitude -7.05 °S Longitude 110.44 °E Altitude 199 m Time zone UTC+7	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Direktorat Polines Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Synthetic		
System summary		
<b>Grid-Connected System</b>	No 3D scene defined, no shadings	
<b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 21 / 0 °	<b>Near Shadings</b> No Shadings	<b>User's needs</b> Unlimited load (grid)
<b>System information</b>		
<b>PV Array</b>		<b>Inverters</b>
Nb. of modules Prom total	16 units 6.08 kWp	Nb. of units Prom total 1 unit 5.00 kWac 1.216

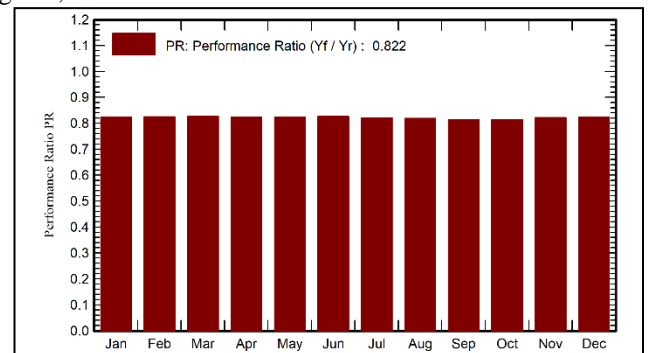
Gbr 6. Skenario Simulasi PVSyst Sistem PLTS Atap Gedung Polines

Untuk energi listrik yang dihasilkan dapat dilihat pada Gbr 7, puncak produksi energi listrik terjadi pada bulan Agustus, yaitu sekitar 5 kWh/kWp/hari. Rata-rata energi listrik yang dapat dipanen tiap harinya adalah sekitar 4,2 kWp. Dengan kapasitas total panel surya sebesar 6.08 kWp, maka energi listrik harian rata-rata yang dihasilkan sebesar 25,56 kWh/hari.



Gbr 7. Untuk Rasio Performa dari Sistem PLTS ini Cenderung Stabil di angka 0,82 atau 82%

Rasio performa dari simulasi sistem PLTS dapat dilihat pada Gbr 8. Rasio performa sistem PLTS terbilang stabil di angka 0,82.



Gbr 8. Performance ratio simulasi sistem PLTS bulanan

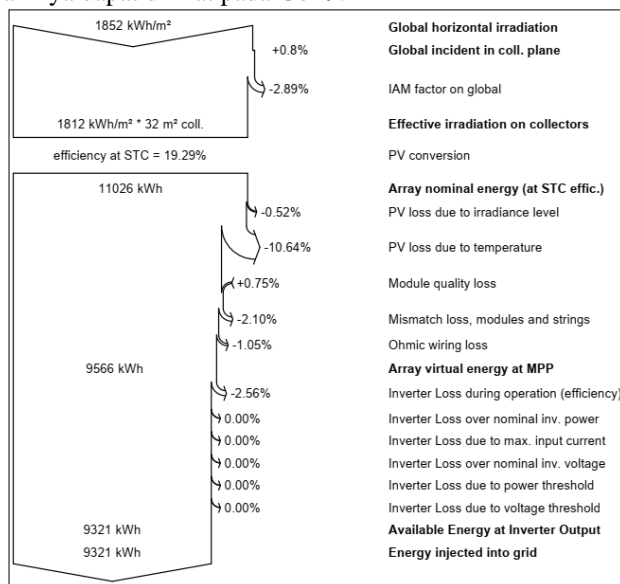
Potensi energi listrik secara lengkap dapat dilihat pada Tbl 1.



Tbl 1. Hasil Simulasi Potensi Energi Surya PVsyst

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E Grid - kWh	PR ratio
January	119.0	76.26	27.06	105.3	100.7	543.8	527.1	0.823
February	134.3	78.64	27.03	123.4	119.0	636.7	619.3	0.826
March	132.2	84.32	27.50	128.3	124.1	662.7	644.3	0.826
April	150.3	79.69	27.59	157.5	153.3	810.0	789.5	0.825
May	149.4	77.37	28.40	165.8	161.9	852.2	831.1	0.824
June	151.0	65.96	27.65	175.3	171.5	901.8	880.0	0.826
July	165.9	60.41	27.48	191.9	187.9	981.1	957.7	0.821
August	177.0	72.63	27.72	193.3	189.2	985.9	962.3	0.819
September	177.0	77.44	27.98	178.3	173.7	905.4	883.4	0.815
October	186.5	89.91	28.69	175.5	170.3	890.8	868.5	0.814
November	160.2	92.37	27.89	142.5	137.1	731.5	712.0	0.822
December	149.3	86.40	27.43	129.1	123.6	664.5	645.9	0.823
Year	1852.1	941.42	27.71	1866.1	1812.2	9566.3	9321.0	0.822

Dari titik lokasi sistem PLTS tersebut didapatkan data potensi energi Matahari sebesar 1952 kWh/m<sup>2</sup>. Dengan efisiensi panel surya pada keadaan STC adalah 19,29%, rugi-rugi listrik terbesar dalam sistem panel surya ini adalah dari rugi-rugi temperatur, yaitu sebesar 10,64%. Untuk rugi-rugi lainnya dapat dilihat pada Gbr 9.



Gbr 9. Rugi-rugi energi pada sistem PLTS

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst, dapat disimpulkan bahwa PLTS atap di Gedung Direktorat Polines memiliki potensi energi listrik sebesar 9321 kWh/tahun atau 25,56 kWh/hari dengan kapasitas PLTS sebesar 6,08 kWp. Hal ini menunjukkan bahwa PLTS atap di Gedung Direktorat Polines dapat memproduksi energi listrik yang signifikan untuk memenuhi kebutuhan energi di gedung tersebut.

*Performance Ratio* dari sistem PLTS Atap ini adalah sebesar 0,82, yang merupakan indikator dari efisiensi sistem PLTS dalam menghasilkan energi listrik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem PLTS Atap di Gedung Direktorat Polines cukup efektif dalam memanfaatkan sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik.

Namun, untuk penelitian selanjutnya, diharapkan nilai ekonomi dari sistem PLTS Atap juga dihitung. Dengan mempertimbangkan nilai investasi, biaya operasi dan

pemeliharaan, serta keuntungan yang dihasilkan dari penjualan energi listrik, dapat diperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai keuntungan dan efisiensi dari penerapan sistem PLTS Atap di Gedung Direktorat Polines.

Dalam kesimpulannya, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan PLTS Atap di Gedung Direktorat Polines memiliki potensi besar dalam menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Oleh karena itu, diharapkan penerapan energi terbarukan semacam PLTS Atap dapat semakin ditingkatkan dan dikembangkan di berbagai gedung dan bangunan lainnya sebagai alternatif sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Politeknik Negeri Semarang yang telah membantu dalam proses penelitian ini, seperti narasumber, pengamat, atau bahkan pihak yang memberikan dukungan moral dan materiil selama proses penelitian berlangsung.

Penelitian ini tidak mungkin dapat terwujud tanpa dukungan dan bantuan dari pihak yang terkait. Saya berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat yang nyata bagi semua pihak yang terlibat, serta masyarakat pada umumnya.

## REFERENSI

- [1] "Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021 tentang PLTS Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang IUPTL untuk Kepentingan Umum." <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/02/07/3071/telah.terbit.peraturan.menteri.esdm.nomor.26.tahun.2021.tentang.plts.atap.yang.terhubung.pada.jaringan.tenaga.listrik.pemegang.iuptl.untuk.kepentingan.umu> (diakses 6 Desember 2022).
- [2] "Kementerian ESDM RI - Publikasi - RUEN." <https://www.esdm.go.id/id/publikasi/ruen> (diakses 21 Februari 2023).
- [3] "Direktorat Jenderal EBTKE - Kementerian ESDM." <https://ebtke.esdm.go.id/post/2017/09/14/1747/gerakan.nasional.sejuta.surya.atap.menuju.gigawatt.fotovoltaike.di.indonesia> (diakses 21 Februari 2023).
- [4] "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero).” <https://jdih.esdm.go.id/index.php/web/result/1862/detail> (diakses 6 Desember 2022).

- [5] “Here is how you can calculate the annual solar energy output of a photovoltaic system.” <https://www.saurenergy.com/solar-energy-blog/here-is-how-you-can-calculate-the-annual-solar-energy-output-of-a-photovoltaic-system> (diakses 6 Desember 2022).
- [6] “Project design > Results > Performance Ratio PR.” [https://www.pvsyst.com/help/performance\\_ratio.htm](https://www.pvsyst.com/help/performance_ratio.htm) (diakses 7 November 2022).
- [7] “PVsyst – Logiciel Photovoltaïque.” <https://www.pvsyst.com/> (diakses 6 Desember 2022).
- [8] “Features - Meteonorm (en).” <https://meteonorm.com/en/meteonorm-features> (diakses 6 Desember 2022).
- [9] “HelioScope: Advanced Solar Design Software.” <https://www.helioscope.com/> (diakses 6 Desember 2022).
- [10] “JA Solar JAM72S09-380/PR (380W) Solar Panel.” <http://www.solardesigntool.com/components/module-panel-solar/JA-Solar/5467/JAM72S09-380-PR/specification-data-sheet.html> (diakses 6 Desember 2022).
- [11] “X1 Boost Solar Power Inverter | Solax Power.” <https://www.solaxpower.com/x1-boost/> (diakses 6 Desember 2022).

## BIOGRAFI PENULIS



**Eriko Arvin Karuniawan**, lahir di Magelang 8 Mei 1994. Menyelesaikan pendidikan D4 Elektromekanika tahun 2016 di Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir Yogyakarta. Melanjutkan Pascasarjana pada Program Studi Magister Teknik Sistem Universitas Gadjah Mada tahun 2019. Saat publikasi ini diterbitkan penulis merupakan dosen tetap di Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Semarang.



**Friska Ayu Fitrianti Sugiono**, menyelesaikan pendidikan pascasarjana pada tahun 2014 di Prodi Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Saat publikasi ini diterbitkan penulis merupakan dosen tetap di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.



**Pangestuningtyas Diah Larasati**, menyelesaikan pendidikan S2 pada tahun 2020 di Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Saat publikasi ini diterbitkan penulis merupakan dosen tetap di Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Semarang.



**Adeguna Ridlo Pramurti**, menyelesaikan pendidikan S2 pada tahun 2016 di Magister Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada. Saat publikasi ini diterbitkan penulis merupakan dosen tetap di Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Semarang.